

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
3 novembre 2005 (03.11.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/104609 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : **H04R 1/40**,
5/02

(74) Mandataire : **CABINET BREMA**; Laget, Jean-Loup, 78,
avenue Raymond Poincaré, F-75116 Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/000597

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(22) Date de dépôt international : 11 mars 2005 (11.03.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0403052 25 mars 2004 (25.03.2004) FR

(71) Déposant et

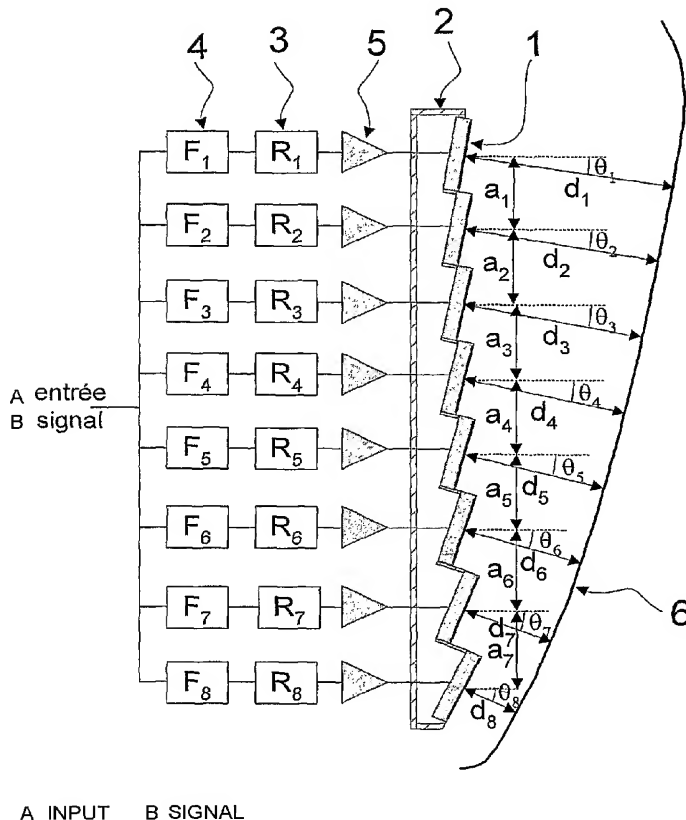
(72) Inventeur : **MEYNIAL, Xavier** [FR/FR]; 37, rue Fernand
Gasnier, F-44600 Saint Nazaire (FR).

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SOUND DEVICE PROVIDED WITH A GEOMETRIC AND ELECTRONIC RADIATION CONTROL

(54) Titre : DISPOSITIF DE SONORISATION A CONTROLE DE RAYONNEMENT GEOMETRIQUE ET ELECTRONIQUE



(57) Abstract: The invention relates to a sound device for carrying out a homogenous sound cover for a public addressed area comprising an electroacoustic source network (1), wherein each electroacoustic source (1) diffuses a version delayed by a delay (3), filtered by a filter (4) and amplified by the device input signal amplifier (5). The inventive device is characterised in that said network is substantially rectilinear and vertical, angles θ which are formed by the emitting axes of the electroacoustic sources (1) and a normal to the network are selected such that $\theta_n > \theta_{n-1}$, wherein n is the index of the electroacoustic sources (1) numbered in ascending order from the top of the device to the bottom thereof and the delays (3) interact with the angles θ in such a way that the device generates a wavefront (6) whose shape corresponds to the desired sound cover of the public addressed area.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de sonorisation permettant une couverture sonore homogène sur une zone à sonoriser, comprenant un réseau de sources électroacoustiques (1), chaque source électroacoustique (1) diffusant une version retardée par un retard (3), filtrée par un filtre (4), et amplifiée par un amplificateur (5) du signal d'entrée du dispositif. Ce dispositif est caractérisé en ce que ledit réseau est essentiellement rectiligne et vertical, en ce que les angles θ formés par les axes d'émission des sources électroacoustiques (1) et la normale au réseau sont tels que $\theta_n > \theta_{n-1}$, où n est l'indice des sources électroacoustiques (1) numérotées dans l'ordre croissant du haut vers le bas du dispositif, et en

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/104609 A1



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

Dispositif de sonorisation à contrôle de rayonnement géométrique et électronique

1- Indication du domaine

Le dispositif objet de la présente invention concerne la sonorisation des locaux acoustiquement réverbérants. Pour obtenir une bonne clarté du son et une bonne intelligibilité de la voix dans de tels locaux, les enceintes acoustiques doivent rayonner de façon directive vers les auditeurs, afin que le son direct perçu par ceux-ci (son de propageant directement de l'enceinte aux auditeurs) soit d'énergie importante en regard de celle du son lui parvenant après réverbération par les parois du local. Le dispositif de sonorisation doit de plus assurer une couverture sonore la plus homogène possible de la zone à sonoriser. Les auditeurs étant en général situés sur un plan horizontal de surface importante, on est amené à considérer une enceinte de type colonne, dont la directivité est marquée dans le plan vertical, et peu marquée dans le plan horizontal.

2- Etat de la technique

La figure 1 décrit une configuration typique. L'enceinte (11) doit produire un niveau sonore le plus homogène possible sur toute une zone (12) où se situe l'auditoire, et ceci sur une bande de fréquence la plus large possible. Elle doit de plus comme nous l'avons vu minimiser l'énergie sonore rayonnée ailleurs que vers l'auditoire, afin de minimiser l'énergie réverbérée par le local et parvenant aux auditeurs.

Deux types d'approches ont été développées pour atteindre cet objectif: les réseaux contrôlés géométriquement, et les réseaux contrôlés électroniquement.

2.1- Le réseau contrôlé géométriquement

Connaissant l'objectif de couverture sonore, on peut déduire la forme du front d'onde acoustique que l'enceinte doit rayonner. Les brevets FR 2626886 et dérivés décrivent un dispositif permettant de générer un front d'ondes proche de cet objectif. Le principe fait appel à un guide d'ondes cylindriques excité à l'une de ses extrémités par un haut-parleur, et rayonnant à l'autre extrémité par une ouverture rectangulaire allongée. La forme du guide d'ondes est telle que le champ acoustique rayonné s'apparente à celui rayonné par un piston rectangulaire de forme allongée. En superposant plusieurs de ces guides d'ondes, et en les inclinant les uns par rapport aux autres, on peut approcher la forme du front d'ondes voulu, et donc approcher l'objectif de couverture sonore recherché. La figure 2 illustre ce principe avec une superposition de huit guides d'ondes (22) tels que celui décrit dans le brevet FR 2626886, associés à huit haut-parleurs (21), générant un front d'ondes (23). Les brevets FR 2813986 et associés décrivent un autre guide d'onde permettant d'atteindre le même objectif.

Mais ce principe de synthèse géométrique du front d'ondes conduit inévitablement à une forme d'enceinte incurvée. Il est donc difficilement applicable si l'enceinte est destinée à être montée verticalement, par exemple en applique sur un mur ou un pilier.

Le brevet US5590214 intitulé "Vertical Array Type Speaker" présente un dispositif constitué de deux colonnes de haut-parleurs montées face-à-face, rayonnant par une fente verticale. Mais ce dispositif n'est pas à même de générer un front d'ondes assurant une couverture sonore homogène.

2.2- Le réseau contrôlé électroniquement

Pour générer le front d'ondes recherché, on peut aussi faire appel à un réseau de haut-parleurs traditionnels, et aux techniques de filtrage classiques issues des radars. La figure 3 illustre le principe d'utilisation de retards (31), notés R_n sur la figure, associés à des haut-parleurs (34) via des filtres (32) et amplificateurs de puissance (33) pour approcher le front d'ondes (35) voulu. Ainsi par exemple, un réseau rectiligne et régulier de haut-parleurs espacés d'une distance notée a génère un front d'onde orienté suivant la direction φ lorsque l'on choisit $R_n = (n-1) \cdot a/c \cdot \sin(\varphi)$, c étant la célérité du son, n étant l'indice du haut-parleur. L'utilisation adéquate des filtres (32) permet de minimiser les variations fréquentielles de la structure du champ acoustique rayonné. Le brevet WO 03034780 décrit un dispositif de ce type. Malheureusement, le fait d'utiliser un nombre limité de haut-parleurs (un réseau discret, et non pas continu) induit des lobes secondaires d'amplitude importante, qui dégradent la qualité acoustique. Ces lobes secondaires sont d'amplitudes d'autant plus importantes que la direction du lobe principal s'écarte de la normale au réseau.

Les brevets EP0791279 et associés présentent un dispositif de ce type, et revendiquent un principe de positionnement des haut-parleurs, qui sont espacés régulièrement sur une partie de l'enceinte, puis espacés logarithmiquement. Ce principe permet de limiter le nombre de haut-parleurs nécessaires, mais conduit à une répartition des puissances inégale sur tous les haut-parleurs, et donc à un niveau sonore rayonné maximal moins important que si la puissance était également répartie sur tous les haut-parleurs comme c'est le cas dans les réseaux géométriques.

Le réseau piloté électroniquement présente l'avantage de pouvoir contrôler dans une certaine mesure la structure du champ rayonné sans altération mécanique du dispositif, en jouant simplement sur les paramètres de filtrage. Par contre, il présente l'inconvénient de générer des lobes secondaires de forte amplitude à haute fréquence, c'est à dire lorsque la longueur d'onde est inférieure ou égale à la distance séparant les haut-parleurs (critère d'échantillonnage spatial).

La technique dite WFS (« Wave Field Synthesis ») met en œuvre elle aussi un réseau de haut-parleurs contrôlé électroniquement par des retards, filtres, et amplificateurs de puissance. Par application du principe de Huygens, un réglage adéquat des retards et filtres permet de générer un front d'ondes correspondant à une source virtuelle située à un endroit donné de l'espace. On parle alors de « spatialisation ». Par extension, cette technique a été utilisée pour l'enregistrement et la reproduction sonore, ainsi qu'en acoustique des salles pour simuler dans une salle où en plein air

l'acoustique d'une autre salle (voir par exemple les brevets EP0335468, US5452360 et associés). Des réseaux courbes de haut-parleurs ont été mis en œuvre dans le cadre de la WFS (voir l'article de Evert W. Start "Application of Curved Arrays in Wave Field Synthesis", preprint n°4143, 100^{ème} Convention de l'AES, 1996). Les brevets EP12099498 et associés décrivent une mise en œuvre de la WFS avec un type particulier de haut-parleurs. L'article de Mark S. Ureda "Wave Field Synthesis with Horn Arrays" (preprint n°4144, 100th AES Convention, Copenhague, Mai 1996) décrit la mise en œuvre de la WFS avec des haut-parleurs à pavillons.

Dans tous ces travaux, l'objectif est de pouvoir générer des fronts d'ondes de formes variées, et les orientations des axes d'émission des haut-parleurs sont perpendiculaires au réseau. Le contrôle du rayonnement du réseau se fait donc exclusivement grâce aux paramètres électroniques (retards et filtres essentiellement), et non en jouant sur les orientations des haut-parleurs comme c'est le cas pour les réseaux contrôlés géométriquement dont nous avons parlé.

3- Exposé de l'invention

L'intérêt du dispositif objet de la présente invention est de combiner les avantages du réseau géométrique avec ceux du réseau piloté électroniquement : il permet un excellent contrôle du champ acoustique rayonné, minimisant les lobes secondaires, optimisant la puissance maximale émissible grâce à une répartition homogène sur tous les haut-parleurs, tout en ayant une forme rectiligne permettant une intégration aisée, par exemple en applique sur une paroi.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de sonorisation permettant une couverture sonore homogène sur une zone à sonoriser, comprenant un réseau de sources électroacoustiques, chaque source électroacoustique diffusant une version retardée par un retard, filtrée par un filtre, et amplifiée par un amplificateur du signal d'entrée du dispositif, caractérisé en ce que ledit réseau est essentiellement rectiligne et vertical, en ce que les angles θ formés par les axes d'émission des sources électroacoustiques et la normale au réseau sont tels que $\theta_n > \theta_{n-1}$, où n est l'indice des sources électroacoustiques numérotées dans l'ordre croissant du haut vers le bas du dispositif, et en ce que les retards coopèrent avec les angles θ de sorte que le dispositif génère un front d'ondes de la forme correspondant à la couverture sonore voulue de la zone à sonoriser.

De préférence, les angles d'inclinaison θ des sources électroacoustiques sont choisis de telle sorte que pour chacune des sources électroacoustiques, la distance d séparant le centre de ladite source électroacoustique du point d'intersection entre l'axe d'émission de ladite source électroacoustique et le front d'onde voulu soit minimale. Les retards valent essentiellement $R_n = R_{n-1} + (d_{n-1} - d_n)/c$ pour $n > 1$, R_n étant le retard (en secondes) associé à la $n^{\text{ième}}$ source électroacoustique, R_1 étant quelconque, c étant la célérité du son en m/s, les distances d étant exprimées en mètres.

Dans le cas où les sources électroacoustiques sont toutes de même hauteur, la définition des retards donnée ci-dessus correspond essentiellement à $R_n = R_{n-1} + a_{n-1}/c \cdot \sin((\theta_n + \theta_{n-1})/2)$ pour $n > 1$, R_1 étant quelconque, a_n étant la distance (en mètres) séparant le centre de la $n^{\text{ième}}$ source électroacoustique du centre de la $(n+1)^{\text{ième}}$, et les angles θ étant exprimés en radians.

L'invention sera bien comprise à la lecture de la description suivante d'exemples de réalisation, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

10

la figure 1 représente une configuration de sonorisation traditionnelle ;

la figure 2 représente le principe d'un réseau contrôlé géométriquement conforme à l'état de la technique ;

15

la figure 3 représente le principe d'un réseau contrôlé électroniquement conforme à l'état de la technique ;

la figure 4 représente le principe de l'invention, vu en coupe longitudinale ;

20

la figure 5 représente une vue de face du réseau de haut-parleurs monté dans une enceinte ;

la figure 6 représente une vue de face d'un haut parleur à membrane essentiellement rectangulaire ;

25

la figure 7 représente, sous forme de vues de face, l'assemblage de haut-parleurs à membranes rectangulaires et circulaires ;

la figure 8 représente un mode de réalisation de l'invention vu en coupe longitudinale, dans lequel les sources électroacoustiques sont constituées de groupes de haut-parleurs ;

30

la figure 9 représente un mode de réalisation de l'invention vu en coupe longitudinale, dans lequel les sources électroacoustiques sont de hauteurs différentes.

35 **Le principe de l'invention**, présenté sur la figure 4 en coupe longitudinale pour le cas de huit sources électroacoustiques, est inspiré des lentilles de Fresnel utilisées en optique. Un réseau de N sources électroacoustiques (1), est associé à des retards (3), filtres (4), et amplificateurs de puissance (5). Les sources électroacoustiques (1) sont alignées verticalement, et orientées de telle sorte que, combinées à un jeu de retards (3) choisis de façon adéquate, elles génèrent le front

d'onde (6) de la forme voulue, correspondant à une couverture sonore recherchée sur une zone à sonoriser. Les filtres et retards peuvent bien sur être permutés, et d'autres éléments (limiteurs par exemple) peuvent être insérés en amont des amplificateurs de puissance. Le signal d'entrée à diffuser est appliqué à toutes les sources électroacoustiques via les retards (3), filtres (4), et amplificateurs (5).

L'originalité de la présente invention consiste donc à générer le front d'ondes voulu (6) en jouant à la fois sur un aspect géométrique grâce aux orientations et positionnements des sources électroacoustiques (1) du réseau, et sur un aspect électronique en compensant notamment par des retards (3) les décalages spatiaux entre les sources électroacoustiques (1).

Par référence à la figure 4, l'angle d'inclinaison θ_n de la $n^{\text{ième}}$ source électroacoustique est tel que la distance d_n séparant le centre de ladite source électroacoustique du point d'intersection entre l'axe d'émission de ladite source électroacoustique et le front d'onde voulu soit minimale, et ceci pour toutes les sources électroacoustiques.

Les sources électroacoustiques (1) étant numérotées du haut vers le bas, le retard R_n associé à la $n^{\text{ième}}$ source électroacoustique doit alors valoir $R_n = R_{n-1} + (d_{n-1} - d_n)/c$ pour $n = 2$ à N , c étant la célérité du son (en m/s) et N le nombre de sources électroacoustiques (R_n en secondes, d_n en mètres). On pourra prendre $R_1 = 0$ ou toute autre valeur. On note que ce sont les différences $d_{n-1} - d_n$ qui interviennent, et donc que la définition ci-dessus ne dépend pas de la propagation du front d'ondes.

On nomme hauteur d'une source électroacoustique (1) la distance séparant l'extrémité inférieure de l'extrémité supérieure de ladite source. Selon le principe exposé ci-dessus, et dans le cas où les sources électroacoustiques sont toutes de même hauteur, les valeurs des retards (3) peuvent encore s'exprimer en fonction des angles d'inclinaison θ (en radians) des sources électroacoustiques (1) selon la formule $R_n = R_{n-1} + (a_{n-1}/c) \cdot \sin((\theta_n + \theta_{n-1})/2)$ pour $n = 2$ à N , R_n étant le retard (en secondes) associé à la $n^{\text{ième}}$ source électroacoustique, R_1 étant quelconque, a_n étant la distance (en mètres) séparant le centre de la $n^{\text{ième}}$ source électroacoustique du centre de la $(n+1)^{\text{ième}}$, et c étant à nouveau la célérité du son (en m/s).

30

Dans la situation habituelle où le dispositif est placé au dessus de la zone à sonoriser, ce principe conduit à un jeu d'angles θ tels que $\theta_n > \theta_{n-1}$.

Ainsi, à une forme du front d'onde (6) et un type de source électroacoustique donné correspond un jeu d'angles θ et de valeurs des retards (3). Toutefois, en attribuant aux retards (3) des valeurs légèrement différentes de celles résultant des formules données ci-dessus, et en jouant éventuellement sur les gains et réponses fréquentielles des filtres (4), il est possible de générer un front d'ondes différent de celui correspondant au jeu d'angles θ . Ceci permet par exemple de corriger en partie l'effet d'un positionnement de la colonne à une hauteur différente de celle pour

35

laquelle elle a été conçue (angles d'inclinaison θ), ou encore de corriger un niveau sonore inadéquat dans une certaine zone résultant d'un phénomène acoustique du local considéré.

- 5 Si les sources électroacoustiques ne sont pas toutes identiques, alors les filtres (4) seront aussi utilisés pour corriger les différences pouvant exister entre leurs caractéristiques de réponses fréquentielles et/ou temporelles.

Les filtres (4) et retards (3) peuvent être réalisés par un processeur numérique de signal (DSP) équipé d'un logiciel adéquat.

- 10 La longueur du réseau est un paramètre important de l'invention, comme elle l'est pour tous les autres types de réseaux. Plus elle est grande, plus grande est la zone que le réseau permet de couvrir, et meilleure est l'homogénéité de la couverture aux basses fréquences.

- Dans un premier mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs à rayonnement direct, ces haut-parleurs étant de préférence équipés de membranes
15 essentiellement rectangulaires. Des performances optimales en termes de réjection des lobes secondaires sont obtenues lorsque chaque haut-parleur rayonne à la manière d'un piston rectangulaire aussi haut que le permet l'écart entre haut-parleurs. La figure 5 montre une vue de face du réseau de haut-parleurs (51) monté dans une enceinte (52), dont les faces rayonnantes sont de préférence essentiellement rectangulaires, éventuellement légèrement galbées dans le plan
20 vertical pour mieux épouser la forme du front d'ondes à restituer. La figure 6 montre un haut-parleur à membrane (61) essentiellement rectangulaire vu de face.

- Dans un second mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs rayonnant au travers de guides d'ondes. Chaque guide d'ondes rayonne par un orifice essentiellement rectangulaire et tel que la vitesse acoustique particulière est à tout instant
25 essentiellement la même en tout point de l'orifice de rayonnement. En effet, des performances optimales en termes de réjection des lobes secondaires sont obtenues lorsque les guides d'ondes rayonnent par une ouverture rectangulaire comme le ferait un piston rectangulaire (par exemple ceux décrits dans les brevets FR 2626886 et FR 2813986 déjà mentionnés), et que leur hauteur est aussi grande que le permet l'écart entre guides d'onde.

- 30 Dans un troisième mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des groupes de haut-parleurs, tous les haut-parleurs d'un même groupe étant situés dans un même plan, disposés côte à côte et excités par le même signal électrique. Les haut-parleurs d'un même groupe sont ainsi assemblés de telle sorte que le groupe rayonne essentiellement comme le ferait un piston rectangulaire dans la bande de fréquence considérée. En effet, pour des fréquences correspondant à
35 des longueurs d'ondes inférieures à la distance entre haut-parleurs adjacents, le rayonnement d'un assemblage régulier de petits haut-parleurs en un groupe de haut-parleur est proche du rayonnement d'un piston de la taille de l'assemblage. La figure 7 donne deux exemples d'assemblage de haut-parleurs en groupe de haut-parleurs pour des haut-parleurs à membrane (71) rectangulaires et circulaires, vus de face, côté membranes. La figure 8 illustre cette mise en œuvre

de l'invention dans le cas de huit groupes de 4 haut-parleurs. Cette figure est identique à la figure 4, excepté les sources électroacoustiques (1) qui ont été remplacées par des groupes de haut-parleurs (81).

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont de hauteurs différentes, la hauteur de chaque source étant essentiellement fonction de l'angle θ associé : plus celui-ci est petit, plus la hauteur de la source peut être grande. Ceci est illustré par la figure 9, dans laquelle les indices (1), (2), (3), (4), (5), et (6) ont les mêmes significations que sur la figure 4. Ce mode de réalisation présente l'avantage de minimiser la profondeur de la colonne, notée p sur la figure 9. Les retards (3) valent encore essentiellement $R_n = R_{n-1} + (d_{n-1} - d_n)/c$ pour $n > 1$, R_n étant le retard (en secondes) associé à la $n^{\text{ième}}$ source électroacoustique, R_1 étant quelconque, c étant la célérité du son en m/s, les distances d étant exprimées en mètres.

Les sources électroacoustiques (1) peuvent être montées ou fixées sur une même enceinte (2). Les faces arrières des membranes des sources électroacoustiques (1) peuvent alors soit rayonner chacune dans un volume indépendant résultant d'un cloisonnement de l'enceinte (2), soit rayonner toutes dans le même volume. En effet, pour les fréquences situées au delà de la fréquence de résonance des haut-parleurs, ceux-ci sont essentiellement contrôlés par leur masse mobile, et non par la raideur du volume d'air qui les charge à l'arrière.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, chaque source électroacoustique (1) est montée sur une enceinte qui lui est propre, et les enceintes assemblées selon le principe de positionnement et d'orientation exposé ci-dessus à l'aide d'un dispositif mécanique. En d'autres termes, les sources électroacoustiques (1) sont fixées à des enceintes reliées mécaniquement entre elles. Ce mode de réalisation permet d'ajuster de façon optimale les orientations des sources électroacoustiques (1) pour un positionnement donné du dispositif et une couverture sonore voulue.

Les retards (3) et filtres (4) pourront être réalisés par un processeur numérique de signal (DSP) muni du logiciel adéquat.

Les retards (3), filtres (4) et amplificateurs (5) pourront être embarqués dans l'enceinte (2), ou rester à l'extérieur de l'enceinte.

Revendications

1. Dispositif de sonorisation permettant une couverture sonore homogène sur une zone à sonoriser, comprenant un réseau de sources électroacoustiques (1), chaque source électroacoustique (1)
5 diffusant une version retardée par un retard (3), filtrée par un filtre (4), et amplifiée par un amplificateur (5) du signal d'entrée du dispositif, caractérisé en ce que ledit réseau est essentiellement rectiligne et vertical, en ce que les angles θ formés par les axes d'émission des sources électroacoustiques (1) et la normale au réseau sont tels que $\theta_n > \theta_{n-1}$, où n est l'indice des sources électroacoustiques (1) numérotées dans l'ordre croissant
10 du haut vers le bas du dispositif, et en ce que les retards (3) coopèrent avec les angles θ de sorte que le dispositif génère un front d'ondes (6) de la forme correspondant à la couverture sonore voulue de la zone à sonoriser.
2. Dispositif selon la revendication 1,
15 caractérisé en ce que les angles d'inclinaison θ des sources électroacoustiques (1) sont choisis de telle sorte que pour chacune des sources électroacoustiques (1), la distance d séparant le centre de ladite source électroacoustique du point d'intersection entre l'axe d'émission de ladite source électroacoustique et le front d'onde voulu soit minimale.
- 20 3. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les retards (3) valent essentiellement $R_n = R_{n-1} + (d_{n-1} - d_n)/c$ pour $n > 1$, R_n étant le retard (en secondes) associé à la $n^{\text{ième}}$ source électroacoustique, R_1 étant quelconque, c étant la célérité du son en m/s, les distances d étant exprimées en mètres.
- 25 4. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs à rayonnement direct.
5. Dispositif selon la revendication 4,
caractérisé en ce que les haut-parleurs sont équipés de membranes essentiellement rectangulaires.
30
6. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs rayonnant au travers de guides d'ondes.
- 35 7. Dispositif selon la revendication 6,

caractérisé en ce que chaque guide d'ondes rayonne par un orifice essentiellement rectangulaire et tel que la vitesse acoustique particulaire est à tout instant essentiellement la même en tout point de l'orifice de rayonnement.

5 8. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont des groupes de haut-parleurs.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les haut-parleurs d'un même groupe sont voisins, situés dans un même plan,
10 et assemblés de telle sorte que le groupe rayonne essentiellement comme le ferait un piston rectangulaire dans la bande de fréquence considérée.

10. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont fixées sur une même enceinte (2).
15

11. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont fixées à des enceintes reliées mécaniquement entre elles.

20 12. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont de hauteurs différentes.

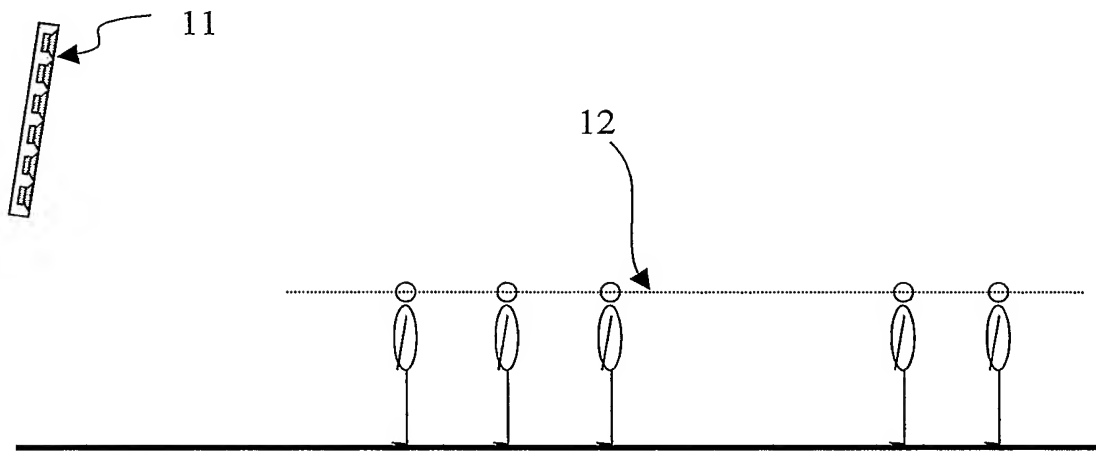


Figure 1

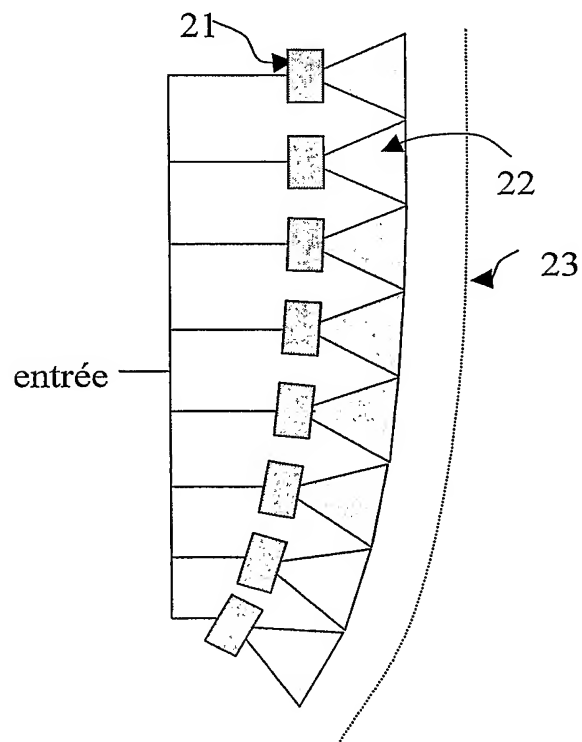


Figure 2

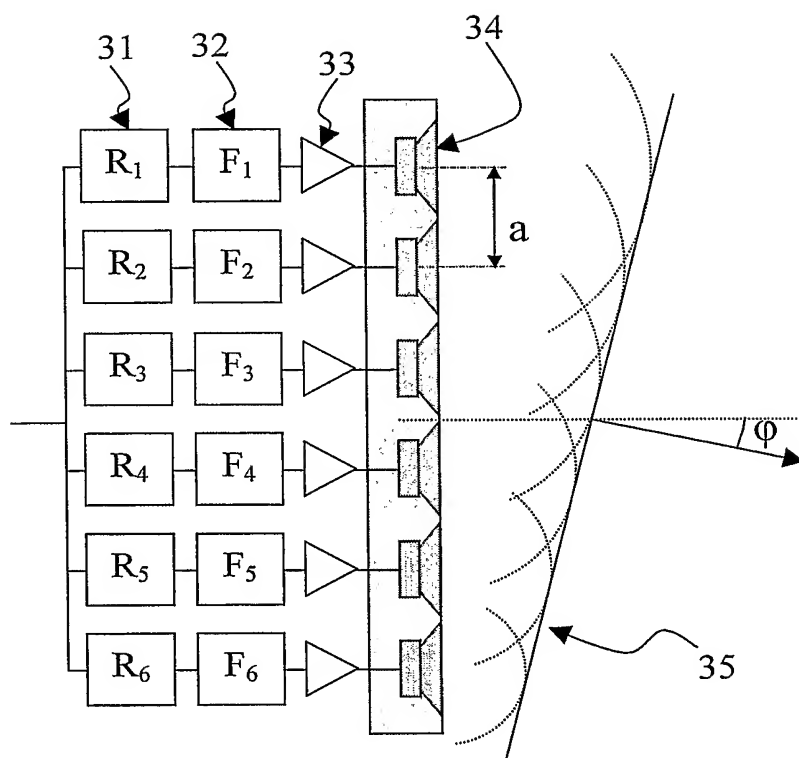


Figure 3

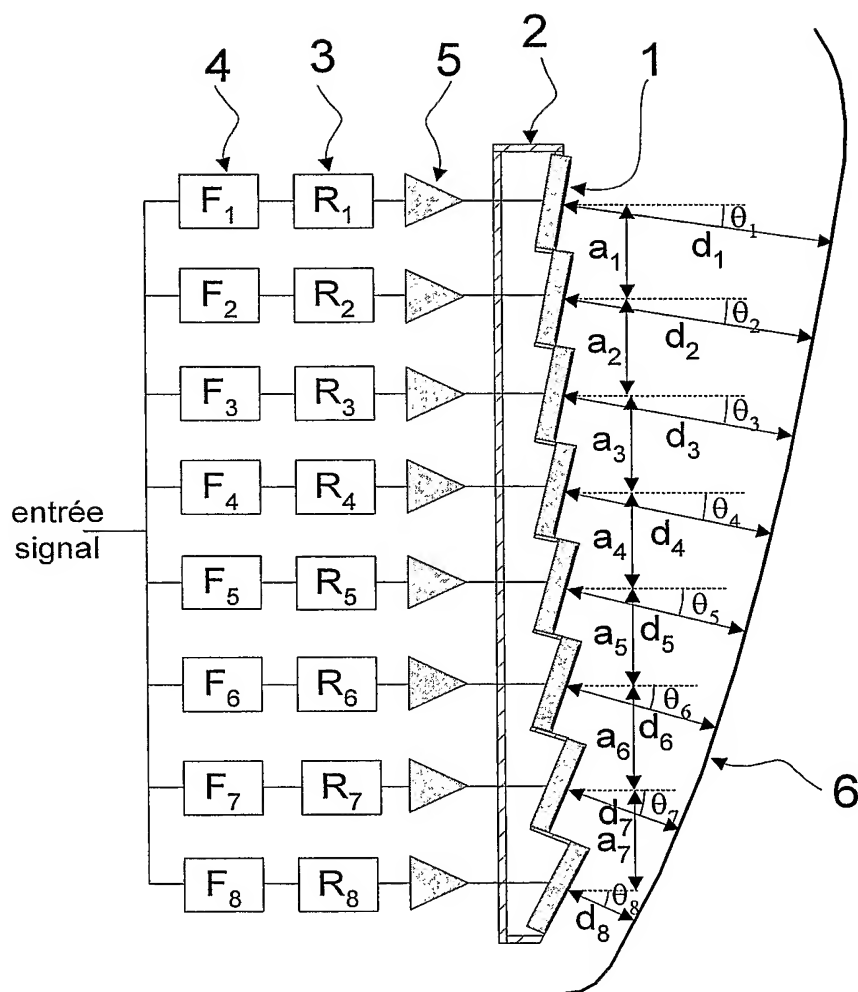


Figure 4

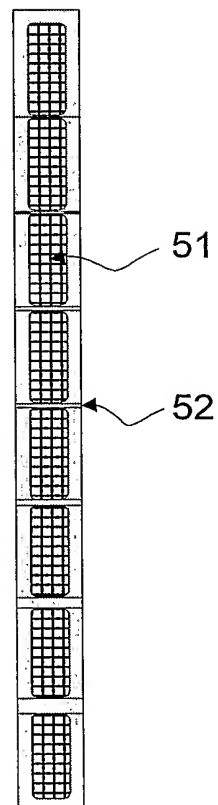


Figure 5

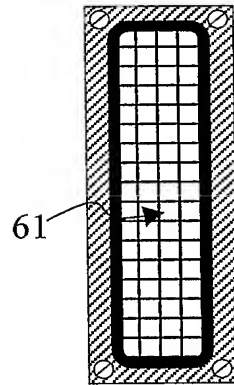


Figure 6

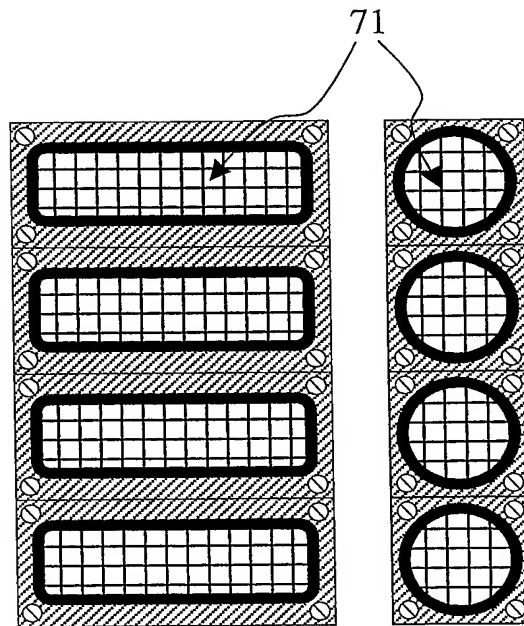


Figure 7

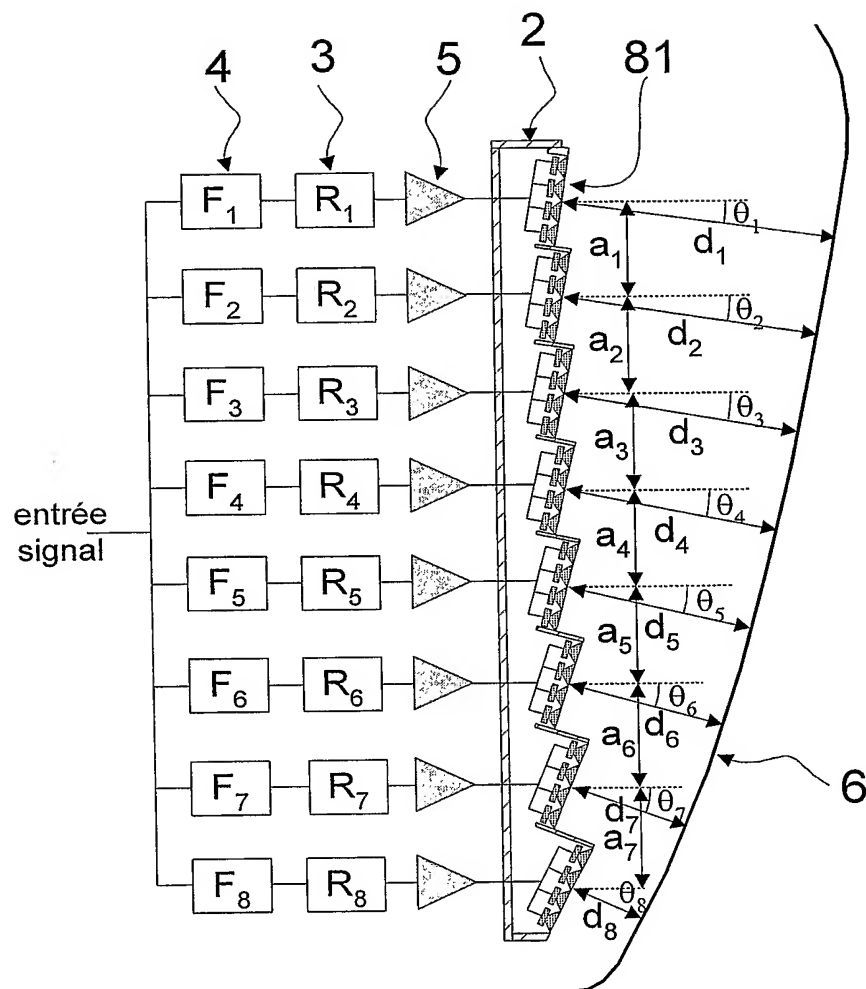


Figure 8

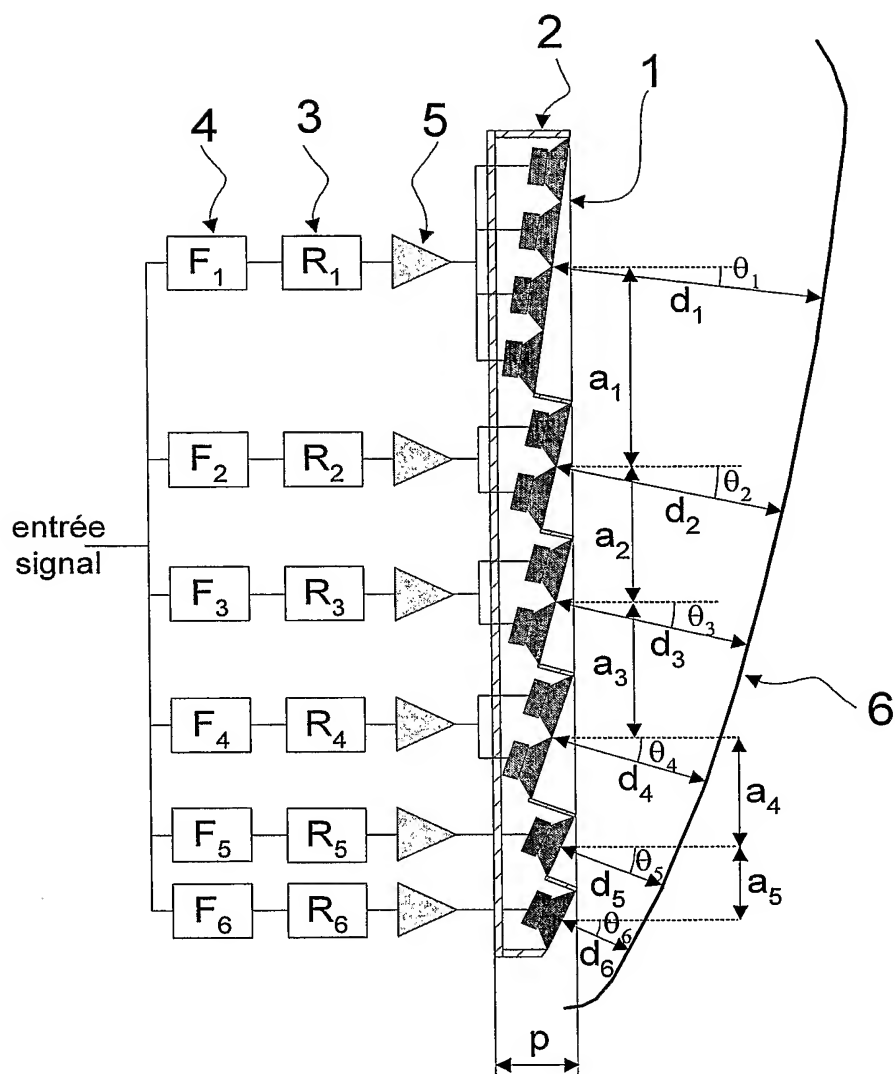


Figure 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/000597

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04R1/40 H04R5/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, IBM-TDB, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 452 360 A (YAMASHITA ET AL) 19 September 1995 (1995-09-19) cited in the application column 4, line 26 - column 6, line 38 figures 1,8	1-12
A	EP 1 187 094 A (VINCENOT, ERIC; DEFFARGES, FRANCOIS) 13 March 2002 (2002-03-13) column 1, line 8 - column 2, line 46 column 4, line 4 - column 7, line 55 figures 1-4,9-11 ----- -/--	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 July 2005

Date of mailing of the international search report

01/08/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meiser, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/000597

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MARK S. UREDA: "Wave Field Synthesis with Horn Arrays" AUDIO ENGINEERING SOCIETY, PREPRINT NO.4144, 14 May 1996 (1996-05-14), XP002302358 COPENHAGEN * paragraph "1 Introduction" * * paragraph "3 Waveform Steering" * * paragraph "5 Convex Arrays" * * paragraph "6 Synthesized Convex Arrays" * * figures 2a,2b	1-12
A	----- US 5 590 214 A (NAKAMURA HISATSUGU) 31 December 1996 (1996-12-31) column 2, line 57 - column 3, line 23 column 5, line 10 - column 6, line 8 figures 5-7	1-12
A	----- EVERT W. START: "Application of Curved Arrays in Wave Field Synthesis" AUDIO ENGINEERING SOCIETY, PREPRINT NO. 4143, 14 May 1996 (1996-05-14), XP002302359 COPENHAGEN cited in the application * paragraph "1 Introduction" * * paragraph "4 Wave Field Synthesis with discrete curved line arrays" * -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

mation on patent family members

International Application No
PCT/FR2005/000597

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 5452360	A	19-09-1995	JP	2569872 B2		08-01-1997
			JP	3254298 A		13-11-1991
<hr/>						
EP 1187094	A	13-03-2002	FR	2813986 A1		15-03-2002
			DE	60107336 D1		30-12-2004
			EP	1187094 A1		13-03-2002
			JP	2002135878 A		10-05-2002
			US	2002029926 A1		14-03-2002
<hr/>						
US 5590214	A	31-12-1996	JP	7143588 A		02-06-1995
			DE	4439526 A1		24-05-1995
			GB	2284125 A ,B		24-05-1995
<hr/>						

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2005/000597

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04R1/40 H04R5/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, IBM-TDB, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 452 360 A (YAMASHITA ET AL) 19 septembre 1995 (1995-09-19) cité dans la demande colonne 4, ligne 26 - colonne 6, ligne 38 figures 1,8	1-12
A	EP 1 187 094 A (VINCENOT, ERIC; DEFFARGES, FRANCOIS) 13 mars 2002 (2002-03-13) colonne 1, ligne 8 - colonne 2, ligne 46 colonne 4, ligne 4 - colonne 7, ligne 55 figures 1-4,9-11 ----- -/--	1-12

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

19 juillet 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

01/08/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Meiser, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2005/000597

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>MARK S. UREDA: "Wave Field Synthesis with Horn Arrays" AUDIO ENGINEERING SOCIETY, PREPRINT NO.4144, 14 mai 1996 (1996-05-14), XP002302358 COPENHAGEN</p> <p>* paragraph "1 Introduction" *</p> <p>* paragraph "3 Waveform Steering" *</p> <p>* paragraph "5 Convex Arrays" *</p> <p>* paragraph "6 Synthesized Convex Arrays" *</p> <p>figures 2a,2b</p>	1-12
A	<p>US 5 590 214 A (NAKAMURA HISATSUGU) 31 décembre 1996 (1996-12-31) colonne 2, ligne 57 - colonne 3, ligne 23 colonne 5, ligne 10 - colonne 6, ligne 8 figures 5-7</p>	1-12
A	<p>EVERT W. START: "Application of Curved Arrays in Wave Field Synthesis" AUDIO ENGINEERING SOCIETY, PREPRINT NO. 4143, 14 mai 1996 (1996-05-14), XP002302359 COPENHAGEN</p> <p>cité dans la demande</p> <p>* paragraph "1 Introduction" *</p> <p>* paragraph "4 Wave Field Synthesis with discrete curved line arrays" *</p>	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs

ombres de familles de brevets

Derivé Internationale No

PCT/FR2005/000597

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5452360	A	19-09-1995	JP 2569872 B2	08-01-1997
			JP 3254298 A	13-11-1991
EP 1187094	A	13-03-2002	FR 2813986 A1	15-03-2002
			DE 60107336 D1	30-12-2004
			EP 1187094 A1	13-03-2002
			JP 2002135878 A	10-05-2002
			US 2002029926 A1	14-03-2002
US 5590214	A	31-12-1996	JP 7143588 A	02-06-1995
			DE 4439526 A1	24-05-1995
			GB 2284125 A , B	24-05-1995